



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TYÖSTÖJEN HINNOITTELU KATTORISTIKKOTUOTANNOSSA

TEKIJÄ: Laura Pahajoki

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Laura Pahajoki			
Työn nimi Työstöjen hinnoittelu kattoristikkotuotannossa			
Päiväys	2.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	23/4
Ohjaaja(t) Matti Mikkonen, lehtori; Harry Dunkel, lehtori			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sepa Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Ristikoihin, runkotolppiin ja siltamuottijärjestelmiin tehdään erilaisia työstöjä, joita ovat lovi, viiste, reikä, maa- laus, pyöritys ja palokatkoristikon tekeminen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää tuotantokustan- nukset näille työstöille. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Sepa Oy.</p> <p>Työ tehtiin mittaamalla työstöjen työvaiheajoja yrityksen tuotannossa ja vertaamalla niitä vastaaviin työaikoi- hin ilman työstöjä. Mittauksia tehtiin erikokoisille työstöille, jotta näitä tuloksia voitaisiin hyödyntää minkä ta- hansa kokoisten työstöjen työvaiheajojen laskemiseen. Mittauksia tehtiin myös näiden työstöjen yhdistelmille. Työstöistä aiheutuvat työ- ja materiaalikustannukset laskettiin ja nämä suhteutettiin tuotteen hintaan ilman työstöä. Tällä tavalla saatiin kerroin, jota yrityksen myyntihenkilöstö voi hyödyntää työstöjä sisältävien tuottei- den hinnoittelussa.</p> <p>Tuloksena saatiin tietoa työstöjen työvaiheajoista. Niistä tehtiin Excel-taulukko, johon syöttämällä työ- ja mate- riaalikustannukset saadaan työstöjen omakustannushintoja vastaavat kertoimet. Tulokset on julkaistu tässä ra- portissa vain osittain.</p>			
Avainsanat kattoristikko, NR-rakenteet, työstö			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Laura Pahajoki			
Title of Thesis Pricing the Treatments in Production of Roof Trusses			
Date	2nd May 2016	Pages/Appendices	23/4
Supervisor(s) Mr. Matti Mikkonen, Lecturer; Mr. Harry Dunkel, Lecturer			
Client Organisation /Partners Sepa Oy			
<p>Abstract</p> <p>Trusses, timber columns and bridge mold systems go through different kind of treatments such as cuts, chamfers, apertures, painting, roundings and making of firesafe trusses. One of the essential goals of this thesis was to determine the production costs of these treatments. The thesis was commissioned by Sepa Oy.</p> <p>The work was executed by measuring the working phases during the company's production process and by comparing the received results with the corresponding production time without the treatment. The measurements were done to the different sizes of treatments, so that the results received could be exploited for calculating any size of work in the working process. The measurements were also done to the combinations of these treatments. The labour and material costs were calculated and they were made proportional to the product's price without the treatment. In this way it was possible to receive a coefficient which the company's sales personnel can utilize in the determination of the product price which includes the treatment.</p> <p>As a result of this thesis information on the working phase times of the treatments was received. Based on the results an Excel sheet chart was gathered from which it is possible to receive the coefficients of the cost prices of the treatments by entering in the labour and material costs. The received results have partially been disclosed in this report.</p>			
Keywords Roof truss, nail plate structure			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	5
1.2	Yritys	5
2	NAULALEVYRAKENTEET	6
2.1	Naulalevyrakenne	6
2.2	Naulalevyrakenteiden historia ja tuotantomäärien kehitys.....	6
2.3	Naulelevyrakenteiden laadunvalvonta.....	7
2.4	Materiaalit	7
3	TYÖN TOTEUTUS	8
3.1	Sahaus.....	8
3.1.1	Viiste.....	9
3.1.2	Lovi.....	10
3.1.3	Reikä.....	11
3.1.4	Pyöristys.....	11
3.2	Räystään maalaus.....	12
3.3	Palokatkoristikon teko	13
3.4	Kertoimien laskenta	14
4	TULOKSET	15
4.1	Sahaus.....	15
4.2	Räystään maalaus.....	16
4.3	Palokatkoristikon teko	17
5	YHTEENVETO.....	18
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	19
	LIITE 1 ESIMERKKI YHDESTÄ TESTIERÄSTÄ.....	20
	LIITE 2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTY PALOKATKORISTIKKO.....	21
	LIITE 3 VIISTEEN, LOVEN JA REIÄN TULOKSET	22

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehdään Sepa Oy:n toimeksiantona. Ristikoihin, runkotolppiin ja siltamuottijärjestelmiin tehdään erilaisia työstöjä, joita ovat lovi, viiste, reikä, maalaus, pyöristys ja palokatkoristikon tekeminen. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on määrittää tuotantokustannukset erilaisille näille työstöille. Nämä ovat yleisimmät työstöt, joita tuotteisiin tehdään.

Naulalevyrakenteiden tuotantomäärät ovat tällä hetkellä suhteellisen alhaisia johtuen yleisestä taloustilanteesta. Tämän vuoksi alalla hintakilpailu on kovaa. Erilaisia työstöjä tehdään yhä enemmän, koska niillä voidaan usein helpottaa työmaalla tehtävää työtä. Tällä hetkellä työstöjen hinnat eivät välttämättä vastaa todellisia kustannuksia, sillä niiden tekoon käytettävää aikaa ei tiedetä. Näiden syiden vuoksi yritykselle on tärkeää määrittää työstöjen omakustannushinnat.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada yrityksen myyntiosastolle kertoimet erilaisille työstöille, joita yritys voi hyödyntää tuotteiden hinnoittelussa. Työ toteutetaan tekemällä työvaiheajamittauksia yrityksen tuotannossa. Mittausten avulla saadaan työstölle tekemiseen kuluva aika. Tätä saatua aikaa voidaan verrata normaaliaikaan vastaavalle tuotteelle ilman työstöä. Näiden työaikamittauksien perusteella laskettujen työkustannusten sekä työstöön tarvittavan materiaalikustannusten avulla saadaan laskettua työstön kokonaiskustannukset. Nämä kustannukset suhteutetaan tuotteen hintaan ilman työstöä, jolloin saadaan kerroin työstön hinnoitteluun. Opinnäytetyöstä saatavat tulokset julkaistaan vain osittain tässä raportissa.

1.2 Yritys

Sepa Oy on vuonna 1982 perustettu perheyritys, joka valmistaa naulalevyrakenteisia tuotteita. Katkoristikoiden lisäksi yritys valmistaa esimerkiksi siltapukkeja, meluesteitä, paloristikoidia, puubetoniliitolaattoja, runkokehiä ja pihattoristikoidia. Sepa Oy on kasvanut alansa merkittävämmäksi ja nykyaikaisimmaksi toimijaksi Suomessa ja on myös yksi alansa suurimpia Euroopassa. Yrityksen markkinaosuus kotimaassa on yli 30 %. Yrityksellä on tehtaat Keiteleellä ja Porvoossa. Suuri kapasiteetti ja tehtaiden sijainti eri puolilla Suomea takaavat nopeat ja edulliset toimitukset ympäri Suomea.

Toimintaperiaatteena yrityksellä on panostaa tuotteiden ja palveluiden laatuun sekä tehdä jatkuvaa tutkimus- ja kehitystyötä alan tutkimuslaitosten kanssa. Laadun takaamiseksi yrityksellä on osaava ja motivoitunut henkilökunta, oma suunnitteluosasto ja nykyaikaiset tuotantovälineet. Yritys on ainoana ristikkovalmistajana Suomessa saanut kansainväliset sertifikaatit. Ympäristöpolitiikan huomioon ottaminen on yritykselle tärkeää ja jatkuvasti kehittyvää. (sepa.fi.)

2 NAULALEVYRAKENTEET

2.1 Naulalevyrakenne

Naulalevyrakenne eli NR-rakenne on lujuuslajitellusta puutavarasta tehty rakenne, joka on koottu yhteen käyttämällä naulalevyjä. Naulalevy on sinkitty metallilevy, jonka meistetyt piikit puuhun puuristettuna muodostavat voimia siirtävän liitoksen. Tyypillisin naulalevyrakenne on kattoristikko. Naulalevyrakenteiden etuja ovat edullisuus, mittatarkkuus, keveys ja jäykkyys. Rakenteella saadaan aikaan monimuotoisia ja yksilöllisiä tuotteita, joilla mahdollistetaan tehokas puunkäyttö. Ne mitoiteetaan yksilöllisesti ja useimmiten valmistajan toimesta. Naulalevyrakenteiden valmistus tapahtuu niihin erikoistuneissa tehtaissa. Kuljetus määrittää niiden suurimmat mahdolliset koot. Korkeimmat ristikot voidaan tehdä kahdessa osassa ja yhdistää työmaalla. Suojaamattomana naulalevyristikkoa ei voida käyttää tiloissa, joissa vaaditaan paloluokitusta. Ne kuitenkin voidaan tarvittaessa suojata paloa vastaan mineraalivillalla ja palonsuojalevyillä. Kantavana rakenteena käytettäessä ylä- tai alapaarre tulee olla yhtenäinen ja mitoittaa kantamaan palotilanteen kuormat palkkina. Tällöin on mahdollista päästä puolen tunnin palonkestoaikaan. (RT 85–10495 puuristikot ja -kehät, 1-10; Laitinen 1995, 41–43.)

2.2 Naulalevyrakenteiden historia ja tuotantomäärien kehitys

Naulalevyrakenteisia kattoristikoita on alettu valmistaa Yhdysvalloissa vuonna 1950. Suomessa ensimmäinen tehdas aloitti tuotannon vuonna 1972. Tuolloin suunnittelu tehtiin tyyppipiirustusten avulla. Vuonna 1975 perustettiin ensimmäisiä naulalevyrakenteisiin erikoistuneita insinööritoimistoja. Vuosina 1972–1977 NR-rakenteiden tuotantomäärät ja niitä valmistavien tehtaiden määrä lisääntyivät maltillisesti. Kunnes vuoden 1977 jälkeen määrät alkoivat kasvaa nopeasti noin 30 %:n vuosivauhtia. Tuolloin naulalevyrakenteiset kattoristikot alkoivat korvata työmaalla valmistetut kattorakenteet. Syynä tähän oli naulalevyrakenteiden edullinen hinta, hyvä laatu, laadunvalvontaorganisaation vakiintuminen 1970-luvun lopulla sekä teollisesti valmistettujen pientalojen määrän nopea kasvu. Vuonna 1978 naulalevyrakenteita valmistavia tehtaita oli 9 kappaletta ja tuotantomäärä oli noin 55 000 kappaletta. Kun taas esimerkiksi vuonna 1989 naulalevyrakenteita valmistavia tehtaita oli jo 71 kappaletta ja tuotteita valmistettiin yli 600 000 kappaletta. 1980-luvulla alkoivat tulla käyttöön NR-rakenteiden suunnitteluun tarkoitetut suunnitteluohjelmat, jotka helpottivat ja nopeuttivat suunnittelua huomattavasti. (Luotonen 1983; Leivo 1986, 12–20.)

Kattoristikoiden tuotantomäärät seuraavat uudisrakennusten määrän kehitystä, johon vaikuttaa yleinen taloustilanne. TE-keskuksen julkaisemien toimialaraporttien (2005, 2008 ja 2010) mukaan vielä 2000-luvun puolessa välissä ristikoiden valmistusmäärät olivat jopa 700 000 ristikkoo, mutta vuoteen 2009 mennessä valmistusmäärä oli pudonnut noin 400 000 ristikkoon. Vuoden 2010 toimialaraportin mukaan vuonna 2009 NR -laadunvalvonnan piiriin kuului 44 toimipaikkaa, joista kuitenkin 8 suurinta valmisti 70 % tuotteista. Romahtaneiden tuotantomäärien vuoksi tuotteen hinta on tällä hetkellä alhainen ja siksi kilpailu asiakkaista on alalla kovaa.

2.3 Naulalevyrakenteiden laadunvalvonta

NR-leima on tae naulalevyrakenteita valmistavan tehtaan laadunvalvonnasta. Naulalevyrakenteiden laadunvalvontaan on kiinnitetty huomioita jo siitä asti kun ensimmäiset tehtaat aloittivat toimintansa. Tuolloin laadunvalvontaa hoitivat Puurakenteiden laadunvalvontayhdistyksen NR-toimikunta ja VTT:n laadunvalvonta. (Leivo 1986, 15.) Nykyään laadunvalvonnasta vastaa Ympäristöministeriön hyväksymät laadunvalvontalaitokset. Näitä ovat Inspecta Sertifionti ja Finotrol. Inspecta Sertifionti myös vastaa käytettävien suunnitteluohjelmien sekä pätevien NR-suunnittelijoiden hyväksynnästä. Suunnitelmat toteutetaan Eurokoodi 5:n mukaan. Inspecta Sertifionti on julkaissut NR-suunnitteluohjeen naulalevyrakenteiden suunnittelijoille käyttöön, josta nähdään rakenteiden suunnittelu- ja laskentaperusteet. Tällä hetkellä käyttöön hyväksyttyjä naulalevyrakenteiden suunnitteluohjelmia on 4 kappaletta ja päteviä NR-suunnittelijoita noin 40. (inspecta.com.)

2.4 Materiaalit

Naulalevyrakenteissa käytettävän puutavaran tulee olla lujuuslajiteltua ja mitallistettua sahatavaraa, liimapuuta tai kertopuuta. Puutavaran tulee olla Euronormeissa määriteltyjen standardien mukaista. Sahatavaran lujuuslajittelu voidaan tehdä visuaalisesti tai koneellisesti. Lujuus- ja kimmoarvot vastaavat toisiaan kummallakin tavoin tehdyssä lujuuslajittelussa. Ne ovat esitetty Eurokoodi 5:ssä. Visuaalinen lujuuslajittelu perustuu lujuuteen vaikuttavien vikojen kuten oksakoon, vinoisuusyiden ja puun tiheyden arviointiin. Sen voi tehdä ainoastaan SFS-Sertifionti Oy:n hyväksymän lujuuslajittelu-pätevyyden omaava henkilö. Koneellisessa lujuuslajittelussa mitataan sahatavaran taivutusjäykkyys, jonka peruusteella kappaleen lujuuus määritellään. Koneellinen lujuuslajittelu edellyttää virallista valvontaa. (Inspecta Sertifionti, 2009, 30–33.)

Käytettyjen naulalevyjen tulee täyttää EN 14545 standardissa esitetyt vaatimukset. Niiden täytyy olla CE-merkittyjä tai niillä tulee olla voimassa oleva hyväksytyn koestuslaitoksen vahvistama naulalevylausunto. Naulalevyjen tulee olla ruostesuojattuja yleensä kuuma- tai sähkösinkittyjä tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja. Suomessa käytetään useita erityyppisiä naulalevyjä, mutta erot niiden välillä ovat hyvin pieniä. (Inspecta Sertifionti, 2009, 33.)

3 TYÖN TOTEUTUS

3.1 Sahaus

Opinnäytetyössä mitattiin työvaiheajoja yrityksen tuotannossa. Niiden avulla voitiin määrittää työ-
kustannukset työstöille. Sahalla tehtäviä työvaiheajamittauksia olivat viiste, lovi ja reikä. Lisäksi tut-
kittiin näiden yhdistelmiä, koska käytännössä tilauksissa ristikon räystäälle usein tehdään useampi
näistä. Näin saatiin laskettua kaikille erilaisille yhdistelmille kertoimet. Myös pyöristykseen liittyvät
mittaukset tehtiin sahalla, mutta erillisenä muista työstöistä, sillä pyöristystä tehdään ainoastaan
siltamuotteihin. Tutkittavana asiana oli kuinka paljon enemmän aikaa kuluu näiden työstöjen sa-
haukseen verrattuna suoraan katkaisupäähän. Vertailuarvoksi mitattiin aikaa samankokoiselle kappa-
lelle suorilla katkaisupäillä. Kaikissa mittauksissa otettiin aikaa sarjoille, jotta saataisiin mahdollisim-
man todellinen tulos ja virheiden määrä minimoitaisiin. Sarjat olivat suhteellisen pieniä 3–4 kappa-
leen sarjoja. Koska tämä tutkimus perustui laitteelle, joka toimii aina samaan tapaan, ei koettu tar-
peelliseksi sahata isompia sarjoja. Ainut hyöty, mikä isommissa sarjoissa olisi saatettu saada, olisi
ollut mahdollinen häiriöiden lisääntyminen ja sitä kautta todellisemman tilanteen luominen.

Loven, viisteen ja reiän osalta työ toteutettiin mittaamalla läpimenoaikaa testierille, jotka suunnitel-
tiin tätä tutkimusta varten. Muutoin vertailukelpoisten tulosten saaminen olisi ollut liian haastavaa,
sillä normaalissa tilanteessa sahan optimoinnista johtuen samasta raakapuusta sahataan monia eri-
laisia kappaleita ja yhdelle kappaleelle käytettävä aika olisi ollut todella hankala mitata tarkasti. Lan-
kun poikkileikkauksena oli mittauksissa 42 mm x 123 mm, koska siihen on mahdollista tehdä kaikki
kolme työstöä yhtä aikaa. Maalauksen, pyöristuksen ja palokatkon tutkimisessa voitiin hyödyntää
oikeita tilauksia tutkimuksessa.

Työ toteutettiin niin, että ensin valittiin millaisia testikappaleita mittauksiin haluttiin eli kaikki mitat
täytyi valita mahdollisimman järkevästi, jotta ne olisivat mahdollisimman hyvin vertailtavissa ja vas-
taisivat mahdollisimman hyvin todellisia tapauksia. Tämän jälkeen kapulat piirrettiin (liite 1) yrityk-
sessä käytössä olevalla suunnitteluohjelmalla, josta ne lähetettiin sahalle. Koska saha optimoi auto-
maattisesti puunkäytön hukan minimoimiseksi, se olisi sahanut samasta lankusta erilaisia testikapu-
loita. Tässä mittauksessa kuitenkin haluttiin, että yhdestä lankusta tulee sarja samanlaisia kappala-
leita, jotta tulokset olisivat mahdollisimman selkeät. Tämän vuoksi sahuri joutui käsin muuttamaan
sahausjärjestystä. Tämän jälkeen voitiin aloittaa mittaukset. Kun ensimmäisten testierien tulokset oli
saatu, voitiin miettiä millaisia testikapuloita vielä tarvittiin ja tehdä piirtää uudet testikapulat. Tätä
jatkettiin niin monta kertaa, että saatiin riittävästi tuloksia.

Sahana käytettiin Hundegger Speed Cut SC-3:sta (kuva 1). Tämä on leikkausautomaatti, joka on
tarkoitettu puisten ristikko- ja runko-osien valmistukseen. Sillä pystytään tekemään leikkauksen li-
säksi porausta, jyrsintää, uritusta ja se merkitsee samalla kappaleet leimalla. Koneella voidaan työs-
tää kappaleita, joiden poikkileikkaus on 20 mm x 40 mm –160 mm x 450 mm ja pituus voi olla mitä
tahansa. Laitteessa on kaksi toisistaan riippumatonta syöttöjärjestelmää, joka mahdollistaa nopean
ja tarkan puunkäsittelyn ja nopean läpimenoajan. Koneella voidaan optimoida puunkäyttö siten, että

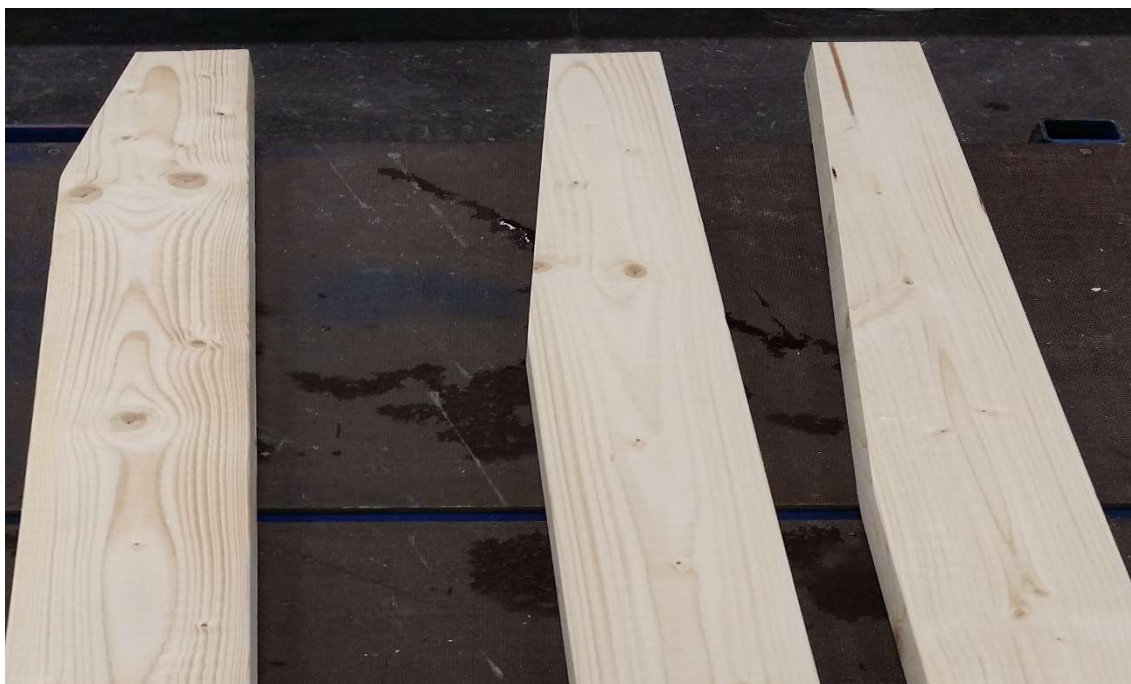
samasta raakapuusta tehdään useampaa erilaista kappaletta, jotta hukka olisi mahdollisimman pientä. Sillä voidaan myös tehdä useampaa samanlaista kappaletta päällekkäin. (www.hundegger.de.)



Kuva 1. Käytössä ollut saha Hundegger Speed Cut SC-3. (Pahajoki 2016-02-25)

3.1.1 Viiste

Tässä tapauksessa viisteellä (kuva 2) tarkoitetaan räystäälle tehtävää muotoilua, joka tehdään ulkonäkösystä. Ristikoiden muihinkin sauvoihin tehdään lähes aina viisteitä, mutta tässä tapauksessa käsitellään räystäälle tehtävää viistettä, koska se on ylimääräinen työvaihe, jolle haluttiin saada laskettua kustannukset. Tämä tehtiin mittaamalla työvaiheikaa sahalla useille eripituisille viisteille. Viisteiden vaakamitoiksi valittiin 200, 300, 400, 500 ja 600 mm, sillä tämän suuruiset mitat esiintyvät räystäällä yleisimmin. Lisäksi valittuja mittoja on helppo vertailla keskenään ja niillä saatiin riittävän tarkat tulokset, joiden avulla voidaan laskea myös vielä pidempien viisteiden sahaukseen kuluva aika.



Kuva 2 Eripituisia viisteitä (Pahajoki 2016-02-18)

3.1.2 Lovi

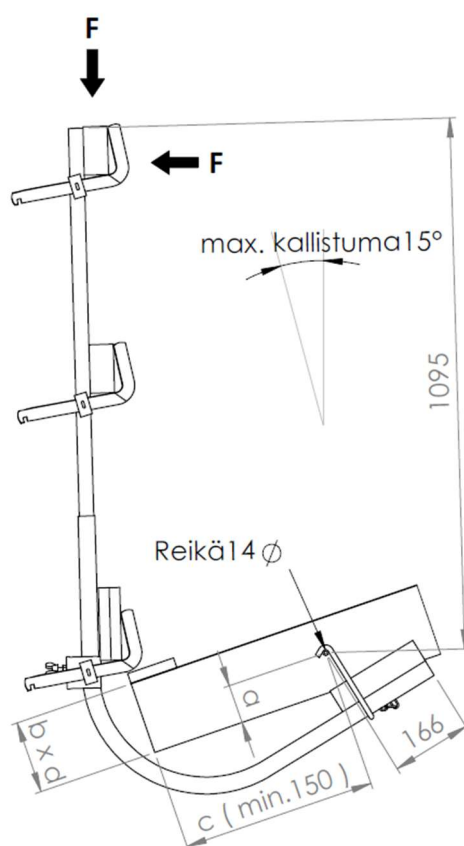
Tässä tutkimuksessa lovella (kuva 3) tarkoitetaan räystäskapulan yläreunaan tehtävää koloa, joka tehdään avoräystään yläpuolista laudoitusta varten. Se estää katteen alapuolen näkymisen räystäään alta. Ristikoissa voi olla myös muualla lovia, mutta tässä tutkimuksessa haluttiin nimenomaa tutkia räystäälle tehtävää lovea. Tuloksia voi hyödyntää myös muiden lovien sahausajan arviointiin. Mitaukset tehtiin 23 mm korkealle lovelle, jonka pituuksiksi valittiin 200, 300, 400, 500 ja 600 mm. Näillä valituilla pituuksilla saatiin riittävän tarkka malli, josta voidaan laskea mikä on pituuden vaikutus sahaustapaan ja sitä kautta sahauksen keston.



Kuva 3 Vasemmalla lankku, jossa pelkkä lovi ja kahdessa muussa lovi ja viiste (Pahajoki 2016-02-18)

3.1.3 Reikä

Reikä tehdään ristikon räystäälle, jotta siihen voidaan kiinnittää työmaalla turvakaide katolla työskentelyä varten. Tästä alla on esimerkkinä Vepen turvakaide harjakatolle (kuva 4). Reikä vahvistetaan pienellä naulalevyllä, jotta se kestää sille tulevat kuormitukset. Koska tiedetään, että reiän koolla ei ole käytännössä merkitystä porauksen kestoon, mittauksissa riitti ajan tutkiminen yhdellä koolla. Tässä kokona käytettiin halkaisijaltaan 14 mm reikää, joka on useimmiten tilauksissa esiintyvä koko. Reikä porataan lankkuun myös sahauksen yhteydessä, joten sen aika voitiin mitata samaan tapaan kuin viisteen ja loven.



Kuva 4. Vesikaton turvakaide (Vepe 2016)

3.1.4 Pyöristys

Pyöristystä tehdään yrityksen tuotannossa siltamuottien tukirakenneristikoihin. Joihinkin siltapukkeihin tarvitaan kaarevia lankkuja, joilla saadaan aikaan sillan tai tunnelin kaarevat muodot. Pyöristys tehdään jyrsimällä, mikä on varsin hidasta verrattuna normaaliin sahaukseen. Työväiheaikamittauksia tehtiin useammalle eripituiselle kaarevalle kappaleelle. Koska jyrsintä on suhteellisen hidasta, voitiin aikoja mitata useille yksittäisille lankulle. Saatu tulos jaettiin kaaren pituutta kohden. Nämä mittauksissa käytetyt lankut olivat tulossa E18 Hamina-Vaalimaa välisen tien Rasa-ahonmäen alikulutunnelin kauluspalkkien muottirakenteisiin. (kuvat 4 ja 5) Kauluspalkin tarkoitus on vahvistaa tunnelin suuaukon reunoja louhinnan aikana.



Kuva 5. Kaarevia lankkuja (Pahajoki 2016-03-08)



Kuva 6. E18 Hamina-Vaalimaa Rasa-ahonmäen tunnelin louhintapalkkien muottirakenteet (Koivumäki 2016-03-23)

3.2 Räystään maalaus

Kattoristikoiden räystäiden maalaus tehdään lisääntyvässä määrin jo tehtaalla, koska tämä helpottaa huomattavasti työtä työmaalla. Tehtaalla maalaus voidaan suorittaa jo ennen ristikoiden kasausta, jolloin se on huomattavasti helpompaa kuin työmaalla maalata valmiita ristikoita. Kun räystäät on maalattu valmiiksi tehtaalla, ristikot voidaan asentaa heti työmaalle saavuttua paikoilleen eikä maalarin tarvitse kiivetä korkealle maalatakseen räystäitä. Räystäät voidaan maalata yhteen tai useampaan kertaan tehtaalla. Maalauksen osalta työvaiheikamittaukset toteutettiin tulleiden tilausten

pohjalta. Mukana oli pienempiä ja isompia sarjoja. Koska maalaus tehdään ainakin toistaiseksi yrityksessä käsin, oletettiin aikojen vaihtelevan paljon ja sen vuoksi tehtiin myös mittauksia useita. Mittauksia tehtiin useampana päivänä ja eripituisten lankkujen osalta, vaikka maalattava osuus kaikissa oli suunnilleen samanpituinen. Tämä siksi, että lankkujen siirtäminen ja käsittely vie enemmän aikaa jos ne ovat pidempiä. Lyhimät mittauksissa olleet räystäslankut olivat reilun metrin mittaisia ja pisimmät neljän metrin luokkaa. Mittauksia tehtiin myös eri maalareiden työstä, sillä maalausnopeuskin on yksilöllistä.



Kuva 7. Valmiita pohjamaalattuja räystäslankkuja (Pahajoki 2016-04-06)

3.3 Palokatkoristikon teko

Palokatkoristikko tehdään kiinnittämällä kipsilevyt molemmin puolin ristikkoon ja villoittamalla alapaarteen yläpuoli 0,5 m:n korkeuteen kivivillalla (kuva 7). Tällöin saadaan ristikolle paloluokka EI30 eli palokatkoristikko toimii osastoivana rakenteena palotilanteessa. Palokatkoristikkoon tehdään 600 mm:n jaolla pystysauvat joihin kipsilevyt saadaan helposti kiinnitettyä. Palokatkoristikon teon osalta työvaiheamittauksia tehtiin ainoastaan yhdenlaiselle ristikolle (liite 2), mutta kuitenkin useamman kappaleen sarjalle. Mitattu työaika jaettiin ristikon neliömetriä kohden, jolloin siitä saatiin vertailukelpoinen millaiseen tahansa ristikkoon.



Kuva 8. Valmis palokatkoristikko nosturissa ja toisesta toinen puoli levytettynä (Pahajoki 2016-02-25)

3.4 Kertoimien laskenta

Koska tämän opinnäytetyön tarkoitus ei ollut niinkään kustannuslaskenta vaan työvaiheajojen mittaaminen, voitiin kustannuslaskennan osuuteen käyttää hyödyksi yrityksessä jo olevaa tietoa. Sahauksen osalta kertoimen laskentaan tarvittiin tietoa työkustannuksista, joiden avulla voitiin määrittää kerroin työstön kustannuksille. Maalauksen ja palokatkon teon osalta kertoimeen oli huomioitava myös ylimääräinen materiaali eli puutavaran ja naulalevyjen lisäksi tarvittava materiaali. Maalauksessa nämä olivat maali ja maalausvälineet, kun taas palokatossa villat, kipsilevyt, naulat ja/tai ruuvit.

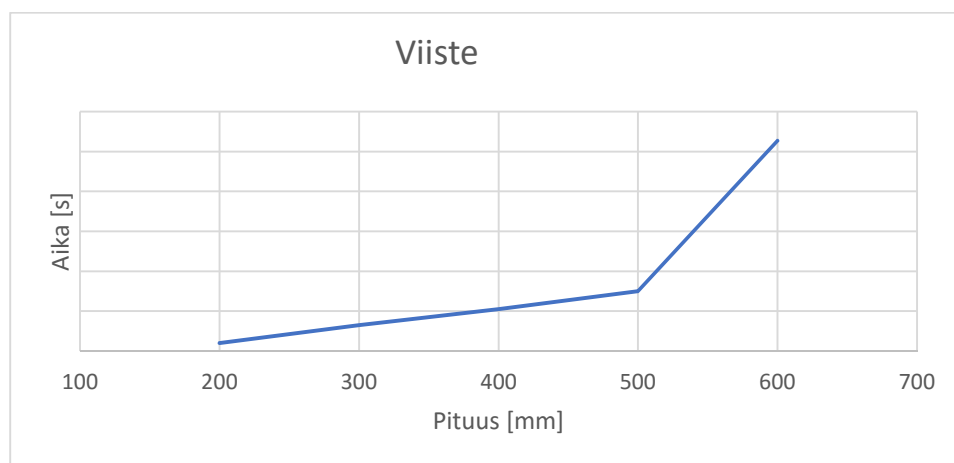
Tuloksista laskettiin keskiarvoajat, joita kertoimien laskennassa käytettiin. Saatujen tulosten perusteella tehtiin Excel-taulukko, johon syöttämällä työ- ja materiaalikustannukset sekä vertailuristikon hinta saadaan näkyviin kertoimet työstöille. Vertailukohtana toimi keskikokoinen ja tavanomainen harjaristikko. Palokatkoristikon osalta taulukkoon täytyy syöttää myös vertailuristikon koko, sillä siinä tulos on neliometriä kohden. Nämä kertoimet vastaavat työstöjen omakustannushintoja. Yrityksen myyntiosasto voi hyödyntää näitä hintojen määrittelyssä.

4 TULOKSET

4.1 Sahaus

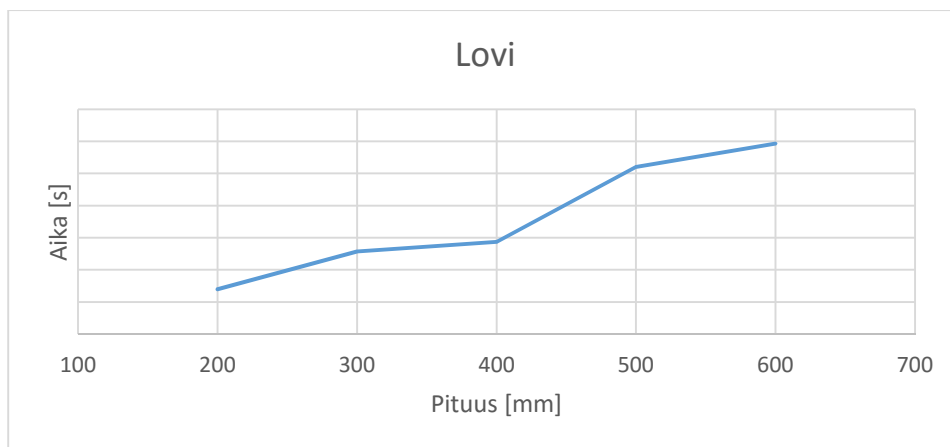
Sahauksen osalta tulokset olivat joiltakin osin sellaisia kuin oletettiin, mutta myös sahan toimintavasta johtuvia yllättäviä tuloksia saatiin. Sahausaika ei lisääntynyt suoraan verrattuna työstön koon nähden vaan tietyin välein sahaustapa muuttui, jolloin aika lisääntyi huomattavasti enemmän. Työstöjä sahattaessa myös sahan häiriöiden määrä lisääntyi etenkin pidempien työstöjen kohdalla. Tämä vaikutti jonkin verran mittauksituloksiin. Toisaalta se, että näitä häiriöitä osui mittauksiin tuo niihin todellisuutta, koska niitä kuitenkin tapahtuu toisinaan normaalistikin. Tulokset ovat osittain nähtävissä liitteessä (liite 3).

Kuten alla olevasta kuvaajasta (kuvio 1) nähdään, viisteen osalta sahauksen kesto lisääntyi tasaisesti kunnes viisteen vaakamitta ylitti 500 mm. Tämän pituuden ylittyessä saha joutui sahaamaan viisteen kahdessa osassa, jolloin aikaa kului huomattavasti enemmän. Tästä voidaan päätellä, että tämän pomppauksen jälkeen aika lisääntyisi samassa suhteessa pituuteen kuin lyhyemmissä viisteissä ja noin 1000 mm:n ylityksen jälkeen pomppaisi uudelleen, jolloin sahaus tapahtuisi kolmessa osassa.



Kuvio 1. Viisteen sahausajan kuvaaja (Pahajoki 2016-02-26)

Loven osalta tämä tutkimus osoitti, että loven sahaus tapahtuu aina yhdessä osassa enemmän kun loven pituus lisääntyy 200 mm. Eli alle 200 mm pituinen lovi voidaan sahata yhdessä osassa, alle 400 mm kahdessa jne. Huomioitavana oli myös se, että loven pituuden ylittäessä 400 mm koneen täytyi tarttua toisestakin päästä sahattavaa kappaletta kiinni, jotta se pysyy paikallaan loven sahauksen ajan. Tämä seikka lisäsi myös sahausaikaa selvästi loven pituuden ylittäessä 400 mm. Vaikka sahaus aika ei lisääntynyt aivan suoraan verrattuna loven pituuteen, voidaan sen olettaa lisääntyvän samalla logiikalla, jolloin voidaan arvioida myös pidempien lovien sahausaikaa. Alla kuvaaja sahausajasta (kuvio 2).



Kuvio 2. Loven sahausajan kuvaaja (Pahajoki 2016-02-26)

Reiän osalta tuloksena saatiin niin kuin odotettiin sahausaika, joka on vakio riippumatta millaiseen kappaleeseen se sahataan. Erilaisten yhdistelmien osalta ei tullut enää mitään yllättävää vaan sahausaika noudatti samaa kaavaa kuin kunkin yksittäisten työstöjenkin osalta. Oli kuitenkin tärkeä todeta tämä myös mittaamalla sekä saada konkreettiset ajat myös jokaiselle erilaiselle yhdistelmälle kertoimien laskemista varten. Kaikkia pituuksia ei kuitenkaan nähty tarpeelliseksi mitata yhdistelmien osalta vaan mittauksiin valittiin osa pituuksista ja näiden avulla voidaan laskea muitakin pituuksia. Tuloksien yksinkertaistamiseksi tutkimuksessa lovi ja viiste -yhdistelmässä molempien pituus oli sama, vaikka todellisuudessa ne harvoin ovat samat.

Pyöristykseen suhteen saatiin tulos keskiarvo sahausajasta kaaren metriä kohden. Mittauksissa jyr-sintä tehtiin kahdessa osassa mikä lisäsi aikaa huomattavasti. Normaalisti tällä puun vahvuudella voidaan jyrsiä yhdessä osassa, mutta sahan säädöistä johtuen nyt jyr-sintä tapahtui kahdessa osassa. Tämä voidaan kuitenkin huomioida karkeasti puolittamalla saadut ajat. Kaarista ei laskettu varsinaista kerrointa, sillä niiden hinnoittelu tehdään eri tavalla kuin ristikoiden. Tuloksia kuitenkin voidaan hyödyntää siltamuottirakenteiden tarjouslaskennassa kun arvioidaan tarvittavaa sahausaikaa kaareville kappaleille. Näitä tuloksia ei julkaista tässä raportissa lainkaan.

4.2 Räystään maalaus

Maalauksen osalta tulokset vaihtelivat vähemmän kuin ennakoitiin. Maalaustahti vaihteli luonnollisesti hieman ja eri maalarienkin välillä oli pieniä eroja, mutta kuitenkin hyvin pieniä. Maalausajoja mitattiin maaluksesta ja siihen käytettävät valmisteluajat jätettiin huomioimatta. Tosin niiden osuus räystästä kohden on hyvin marginaalinen. Myös se seikka, että tutkimuksen tekoaikaan oli vuoden hiljaisin ajanjakso meneillään, saattoi vaikuttaa hieman tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin. Suurimpana aikaerojen aiheuttajana oli, kuten osattiin ennakoidakin, lankun kokonaispituus. Pitkien lankkujen siirtelyyn ja käsittelyyn kului enemmän aikaa kuin lyhyempien kappaleiden. Tekemällä useita mittauksia, saatiin tulokset, jotka vastaavat hyvin todellisuutta. Kertoimien määrittelyssä käytettiin keskiarvoaikaa näistä mittauksista saaduista tuloksista. Maalauksen osalta tuloksia voidaan hyödyntää jatkossa, jos halutaan tehdä maalaus koneeseen investoinnin kannattavuudesta laskelmia. Maalauksen tuloksia ei julkaista tässä raportissa.

4.3 Palokatkoristikon teko

Palokatkon tulokset saatiin vain yhdenlaisen ristikon teosta, mikä ei tietäkään ole ihannetilanne tutkimuksen kannalta. Toisenlaisen ristikon työajan mittaamalla olisi saatu varmistus tulosten oikeellisuudelle. Toisaalta tämä on myös helppo toteuttaa myöhemminkin, jolloin saadaan vertailukohta tuloksille. Tulokset olivat kuitenkin yllätävän yhteneviä ottaen huomioon, että siinä on paljon eri työvaiheita kuten nostot, käännöt kääntöpöydällä ja levyjen mittaamiset, leikkaamiset ja naulaukset/ruuvaukset sekä villojen laitot. Näin voidaan olettaa saatujen tulosten olevan todellisia vaikka tutkimukseen ei saatu kuin yhdentyyppinen ristikko. Palokatkon osalta tuloksia ei julkaista tässä raportissa.

5 YHTEENVETO

Tavoitteena tässä tutkimuksessa oli saada selville työvaiheajat erilaisille työstöille sekä määrittää kertoimet työstöjen kustannuksille myynnin työkaluksi. Nämä tavoitteet saatiin hyvin täytettyä. Tässä tutkimuksessa haasteena oli se, ettei saaduille tuloksille ollut mitään vertailupohjaa. Tällaisia mittauksia ei ollut aiemmin yrityksessä tehty vaan käytössä olleet työstöjen hinnoittelukertoimet olivat arvioituja. Toki tuloksia voidaan heijastaa näihinkin. Toisena hankaluutena oli valita mitä mittoja työssä tutkitaan, sillä pituuksia olisi voinut ottaa vaikka kuinka paljon enemmänkin. Näiden tulosten perusteella voidaan kuitenkin laskea myös pidempien työstöjen tekoon kuluva aikaa.

Tästä tutkimuksesta saaduista tuloksista on paljon hyötyä työstöjen hinnoittelussa. Toki tulokset sisältävät ainoastaan omakustannushintoja vastaavat kertoimet ja lopulliset tuotteiden hinnoittelussa käytettävät kertoimet päättää myyntihenkilökunta. Myöskään käyttöön tuskin otetaan eri pituuksille eri kertoimia vaan näistä haetaan parhaaksi katsotut arvot. Tätä tutkimusta on helppo jatkaa tai laajentaa tulevaisuudessa jos sille on mahdollisuus. Esimerkiksi voidaan vielä tutkia eri mitoilla tai kaaren säteillä. Tällä tavalla voitaisiin myös varmistaa vastaisivatko pidempien työstöjen ajat niitä, jotka voidaan laskea tämän tutkimuksen perusteella. Myös maalaus koneen hankinnan kannattavuutta voidaan laskea tämän tutkimuksen tulosten pohjalta.

Omalta osaltani opinnäytetyön hankaluutena oli aluksi se, ettei minulla ollut kuin vähän tietoa katto-ristikoiden tuotantopuolesta. Toisena haastena tässä työssä oli muodostaa yhtenäinen ja selkeä kokonaisuus, sillä eri työstöjä täytyi tutkia eri tavoin ja tuloksia käsiteltiin eri tavoin riippuen työstöstä. Kuitenkin alkuun pääsemisen jälkeen työ eteni sujuvasti. Kokonaisuudessaan opinnäytetyön tekeminen onnistui mielestäni hyvin. Koin, että työstä haluttu hyöty saavutettiin.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Hundegger.de [verkkoaineisto][viitattu 2016-03-04] saatavissa <https://www.hundegger.de/fi/koneenrakennus/tuotteet/leikkausautomaatit/speed-cut-sc-3.html?mobile=%2F>

KOIVUMÄKI, Anssi 2016-03-23, E18 Hamina-Vaalimaa Rasa-ahonmäen tunnelin louhintapalkkien muottirakenteet [digikuva]

LAITINEN, Eero 1995 Teollinen puurakentaminen. Vammala: Rakennustieto 1995

LEIVO, Mika 1986 Kuormitusajan ja käyttöolojen vaikutukset naulalevyrakenteiden taipumaan, VTT:n tutkimuksia

LUOTONEN, Sakari 1983 Suunnittelijan ja valmistajan yhteistyö, NR-päivien materiaali

Naulalevyrakenteiden suunnittelu Eurokoodi 5 – EN 1995:2004+A1:2008 sovellusohje, Espoo:Inspecta Sertifionti Oy 2009

Puuristikot ja – kehät, RT 85–10495 [verkkoaineisto] [viitattu 2016-04-01] saatavissa https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/kortistot/tuotteet/RT_2327.html.stx

Sepa.fi [verkkoaineisto][viitattu 2016-04-01] saatavavissa www.sepa.fi

TE-keskus toimialaraportti 2005 [verkkoaineisto] [viitattu 2016-03-03] saatavissa http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2149/Puutalojen_ja_rakennuspuusepantuotteiden_valmistus_marraskuu_2005.pdf

TE-keskus toimialaraportti 2008 [verkkoaineisto] [viitattu 2016-03-03] saatavissa http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2152/Puutalojen_ja_rakennuspuusepantuotteiden_valmistus_marraskuu_2008.pdf

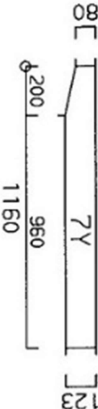
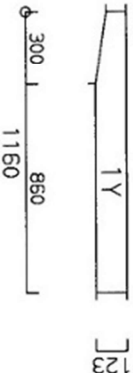
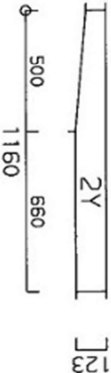
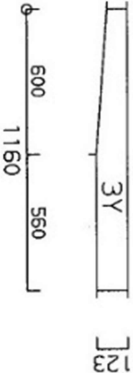
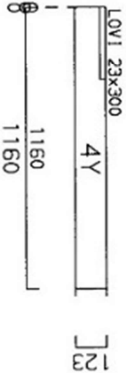
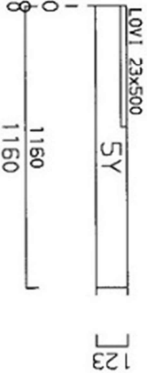
TE-keskus toimialaraportti 2010 [verkkoaineisto] [viitattu 2016-03-03] saatavissa http://www.temtoimialapalvelu.fi/files/2153/Puutalojen_ja_rakennuspuusepantuotteiden_valmistus_marraskuu_2010.pdf

Vepe harjakattokaide esite [verkkoaineisto][viitattu 2016-04-10] Saatavissa <http://www.vepe.fi/fi/palvelut/tuote/rakentaminen/turvakaiteet/420060/harjakattokaide>

LIITE 1 ESIMERKKI YHDESTÄ TESTIERÄSTÄ

N1
N2
N3
N4
N5

JÄYKISTYSTEN NAULAUS MAX Ø3.0



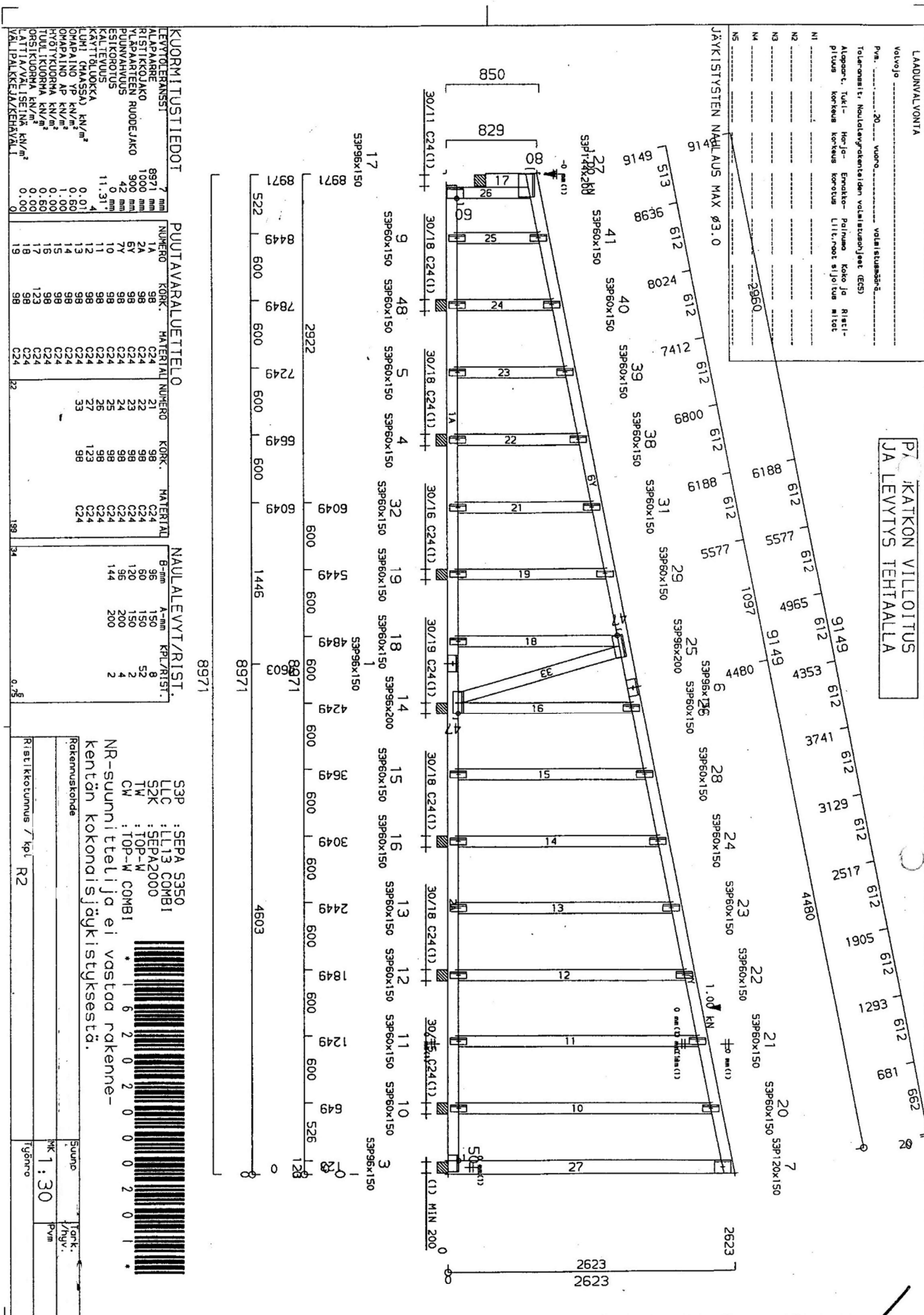
TESTIERÄN TUNNUS	7
ALAPÄÄRE	-1 mm
RISTIKKOJAKO	600 mm
YLEISÄRTIEN RUOUEJAKO	-1 mm
PUNNAHUUJUS	42 mm
ESTIKOROTUS	0 mm
KALTEVUUS	0.00°
KÄYTTÖLUOKKA	2
LUMI (MAASSA) KN/m²	3.31
OHAPAINO YP KN/m²	0.60
OHAPAINO AP KN/m²	0.00
HÖTYKUORMA KN/m²	0.00
TUULIKUORMA KN/m²	0.00
ORSIKUORMA KN/m²	0.00
LATTIA/VÄLISEINÄ KN/m²	0.00
VALIPALKKEJA/KEHÄVALI	0

PUUTAVARALUETTELO NAULALEVYT/RIST.

NUMERO	KOKO	MATERIAALI
1Y	123	C24
2Y	123	C24
3Y	123	C24
4Y	123	C24
5Y	123	C24
6Y	123	C24
7Y	123	C24

53P : SEPA 5350	
LLC : LL13 COMBI	
52K : SEPA2000	
TM : TOP-M	
CW : TOP-M COMBI	
NR-suunnittelija ei vastaa rakennus-	
kentän kokonaisjäykistyksestä.	
Rakennuskoodi	Suunn. /Tark.
	su /hyv.
Ristikkotunnus / kpl	Mk 1:20 Pvm 180216
	Tuotteen laatuvaraus

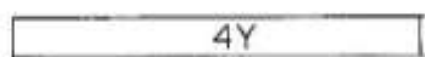




LIITE 3 VIISTEEN, LOVEN JA REIÄN TULOKSET

Räystään työstöt

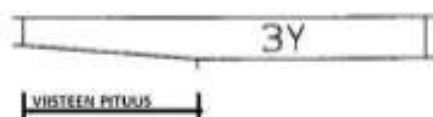
Suora



Kerroin

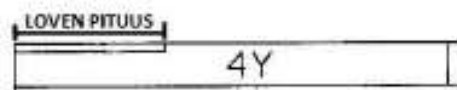
1

Viiste



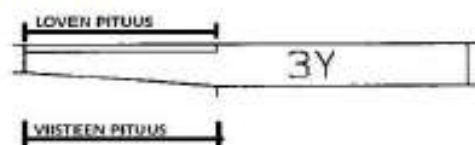
Viisteen Pituus [mm]	Kerroin ajalle	Kustannus ristikolle	Kerroin kustannuksille
200	1,37	0,252 €	1,003
300	1,52	0,352 €	1,004
400	1,65	0,441 €	1,005
500	1,79	0,541 €	1,006
600	3,02	1,378 €	1,015

Lovi



Loven Pituus [mm]	Kerroin ajalle	Kustannus	Kerroin
200	2,22	0,830 €	1,009
300	2,98	1,352 €	1,015
400	3,17	1,481 €	1,016
500	4,70	2,519 €	1,028
600	5,17	2,844 €	1,032

Lovi+viiste

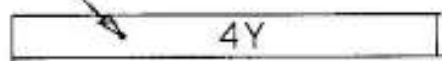


Loven ja viisteen

Loven ja viisteen Pituus [mm]	Kerroin ajalle	Kustannus	Kerroin
300	3,64	1,796 €	1,020
400	3,90	1,974 €	1,022
500	4,60	2,452 €	1,027
600	8,07	4,815 €	1,053

Reikä, 14mm

REIKÄ Ø14



Kerroin ajalle

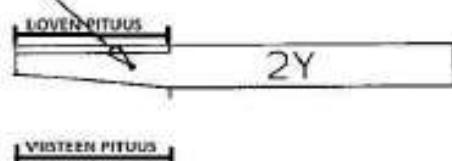
1,61

0,419 €

1,005

Lovi+viiste+reikä, 14mm

REIKÄ Ø14



Loven ja viisteen

Pituus [mm] Kerroin ajalle

300 4,27

2,230 €

1,025

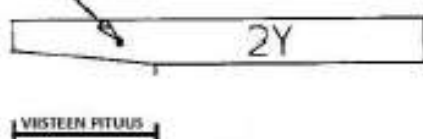
400 4,52

2,396 €

1,027

Viiste+reikä 14mm

REIKÄ Ø14



Viisteen

Pituus [mm] Kerroin ajalle

300 1,93

0,637 €

1,007

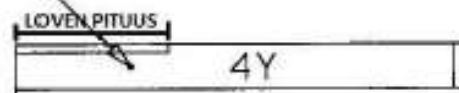
600 3,37

1,615 €

1,018

Lovi+reikä 14mm

REIKÄ Ø14



Loven

Pituus [mm] Kerroin ajalle

200 2,72

1,170 €

1,013

400 4,57

2,430 €

1,027